

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 09-083040

(43)Date of publication of application : 28.03.1997

(51)Int.Cl.

H01L 51/00

H01L 29/786

(21)Application number : 07-234113

(71)Applicant : SHARP CORP

(22)Date of filing : 12.09.1995

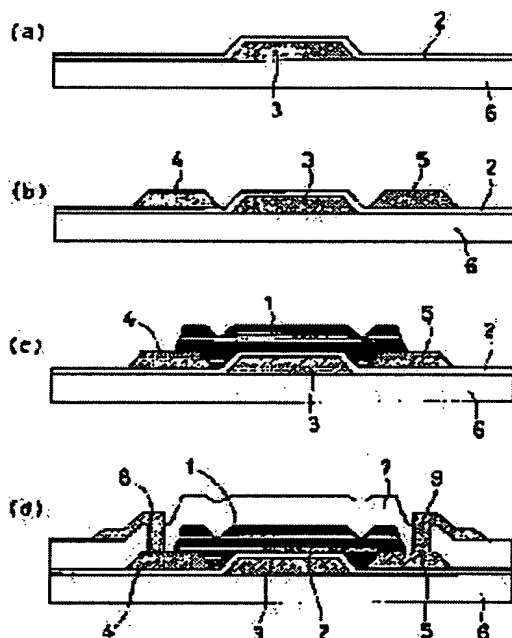
(72)Inventor : AOMORI SHIGERU
TANAKA ATSUSHI
NAKATANI YOSHIKI

(54) THIN FILM TRANSISTOR AND FABRICATION THEREOF

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To control the conditions of an organic semiconductor layer, employed as an active layer, in the conducting direction of carrier by arranging the skeletal chain of polymer in the organic semiconductor layer in random direction using a simple method.

SOLUTION: A source electrode 4 and a drain electrode 5 are formed on a gate insulation layer 2 which is then subjected to orientation between the source electrode 4 and drain electrode 5 by rubbing the surface in one direction with a dust-free cloth. Consequently, liquid crystal substituents introduced into a polymer composing an organic semiconductor layer are oriented in parallel with the rubbing direction. Since the skeletal chain of polymer is not arranged necessarily in parallel with the source/drain direction of semiconductor element but in a random direction for ensuring good characteristics of element, the characteristics of organic semiconductor layer can be enhanced structurally and a high performance thin film transistor can be obtained.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

THIS PAGE BLANK (USPTO)

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平9-83040

(43)公開日 平成9年(1997)3月28日

(51)Int.Cl.⁶

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

H 0 1 L 51/00
29/786

H 0 1 L 29/28
29/78

6 1 8 B

審査請求 未請求 請求項の数14 O L (全 8 頁)

(21)出願番号 特願平7-234113

(22)出願日 平成7年(1995)9月12日

(71)出願人 000005049

シャープ株式会社

大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号

(72)発明者 青森 繁

大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 シ
ャープ株式会社内

(72)発明者 田中 淳

大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 シ
ャープ株式会社内

(72)発明者 中谷 喜紀

大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 シ
ャープ株式会社内

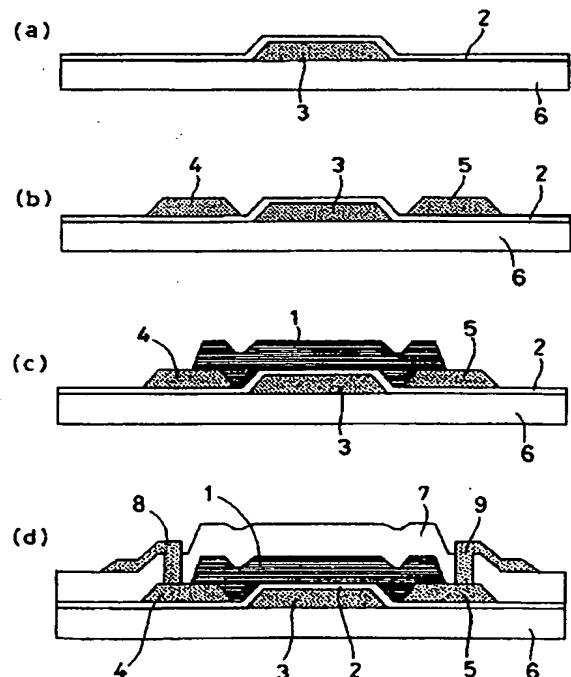
(74)代理人 弁理士 野河 信太郎

(54)【発明の名称】 薄膜トランジスタ及びその製造方法

(57)【要約】

【課題】 側鎖に液晶性置換基が導入されたポリマーにより構成され、かつ該ポリマーの骨格鎖が任意の方向へ配向している有機半導体薄膜を、電気光学素子に用いられる薄膜トランジスタの能動層に用いることにより、有機半導体膜の特性を高次構造的に改善し、十分に引き出すことが可能な高性能薄膜トランジスタを得ることができる。

【解決手段】 絶縁性基板上に、ゲート電極、ソース／ドレイン電極、チャネル層を構成する有機半導体膜及び前記ゲート電極とチャネル層とに挟まれたゲート絶縁膜が形成されてなり、前記有機半導体膜が、側鎖に液晶性置換基が導入されたポリマーにより構成され、かつ該ポリマーの骨格鎖が任意の方向へ配向している薄膜トランジスタ。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 絶縁性基板上に、ゲート電極、ソース／ドレイン電極、チャンネル層を構成する有機半導体膜及び前記ゲート電極とチャンネル層とに挟まれたゲート絶縁膜が形成されてなり、

前記有機半導体膜が、側鎖に液晶性置換基が導入されたポリマーにより構成され、かつ該ポリマーの骨格鎖が任意の方向へ配向していることを特徴とする薄膜トランジスタ。

【請求項 2】 有機半導体膜におけるポリマーの骨格鎖が、該有機半導体膜直下に形成され、配向処理が施された配向膜により任意の方向へ配向している請求項 1 記載の薄膜トランジスタ。

【請求項 3】 有機半導体膜におけるポリマーの骨格鎖が、電界印加により任意の方向へ配向している請求項 1 記載の薄膜トランジスタ。

【請求項 4】 有機半導体膜におけるポリマーの骨格鎖が、磁界印加により任意の方向へ配向している請求項 1 記載の薄膜トランジスタ。

【請求項 5】 有機半導体膜におけるポリマーが、チオ

フェンの 3 位に式 (1)

$$R-Z-O(CH_2)_m-$$
 (1)
(式中、R はアルキル基、Z はフェニルシクロヘキシル基又はビフェニル基、m は 3 又は 4 である) で表される液晶性置換基が導入されたポリチオフェン誘導体である請求項 1～4 のいずれかに記載の薄膜トランジスタ。

【請求項 6】 (i) 絶縁性基板表面上にゲート電極を形成し、少なくとも該ゲート電極上にゲート絶縁膜を形成し、(ii) 該ゲート絶縁膜上に、前記ゲート電極を挟むようにソース／ドレイン電極を形成し、(iii) 前記ゲート絶縁膜上であって前記ソース／ドレイン電極間に、側鎖に液晶性置換基が導入されたポリマーにより構成され、かつ該ポリマーの骨格鎖が任意の方向へ配向した有機半導体膜を形成することを特徴とする薄膜トランジスタの製造方法。

【請求項 7】 工程 (iii) において、予めゲート絶縁膜表面を配向処理した後、該ゲート絶縁膜上に有機半導体膜を形成する請求項 6 記載の薄膜トランジスタの製造方法。

【請求項 8】 工程 (iii) において、有機半導体膜を形成した後、該有機半導体膜へ電界を印加することにより骨格鎖を配向させる請求項 6 記載の薄膜トランジスタの製造方法。

【請求項 9】 工程 (iii) において、有機半導体膜を形成した後、該有機半導体膜へ磁界を印加することにより骨格鎖を配向させる請求項 6 記載の薄膜トランジスタの製造方法。

【請求項 10】 (I) 絶縁性基板表面上に、側鎖に液晶性置換基が導入されたポリマーにより構成され、かつ該ポリマーの骨格鎖が任意の方向へ配向した有機半導体膜

を形成し、(II) 該有機半導体膜の両端に、該有機半導体膜に接続するソース／ドレイン電極を形成し、(III) 少なくとも前記半導体膜上にゲート絶縁膜を形成し、該ゲート絶縁膜上にゲート電極を形成することを特徴とする薄膜トランジスタの製造方法。

【請求項 11】 工程 (III) において、予め絶縁性基板表面を配向処理した後、該絶縁性基板上に有機半導体膜を形成する請求項 10 記載の薄膜トランジスタの製造方法。

【請求項 12】 工程 (III) において、有機半導体膜を形成した後、該有機半導体膜へ電界を印加することにより骨格鎖を配向させる請求項 10 記載の薄膜トランジスタの製造方法。

【請求項 13】 工程 (III) において、有機半導体膜を形成した後、該有機半導体膜へ磁界を印加することにより骨格鎖を配向させる請求項 10 記載の薄膜トランジスタの製造方法。

【請求項 14】 有機半導体膜におけるポリマーが、チオフェンの 3 位に式 (1)

$$R-Z-O(CH_2)_m-$$
 (1)

(式中、R はアルキル基、Z はフェニルシクロヘキシル基又はビフェニル基、m は 3 又は 4 である) で表される液晶性置換基が導入されたポリチオフェン誘導体である請求項 6～13 のいずれかに記載の薄膜トランジスタの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明はアクティブ素子及びその製造方法に関し、より詳細には、液晶表示素子等の電気光学素子に好適に用いられる薄膜トランジスタ及びその製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術及び発明が解決しようとする課題】 従来、液晶表示素子等の電気光学素子に用いられる能動素子としては、その能動層に、非晶質、多結晶又は単結晶のシリコンを用いた薄膜トランジスタが多く用いられている。また、これら電気光学素子を、より安価で、軽量性、耐衝撃性に優れ、かつ耐熱温度の低い樹脂基板上に形成するために、より低いプロセス温度により薄膜トランジスタの能動層を有機材料で作製する方法が特開平 1-259563 号公報及び特開平 4-69971 号公報に開示されている。

【0003】 一般に、薄膜トランジスタの能動層を形成する有機半導体膜は、プラズマ重合法、電解重合法、キャスト法により作製されるが、これら作製された有機半導体を構成する分子は、有機半導体膜においてフィブリルと呼ばれる繊維状の分子の集合体を形成し、膜中を流れるキャリアはこのフィブリル内及びフィブリル間を伝導して行くことが知られている。

【0004】 しかしながら、上述の公報の薄膜トランジ

10

20

30

40

50

スタの能動層における有機半導体には、以下に述べるような問題点がある。つまり、かかる有機半導体膜には、ランダムな方向にフィブリルが形成されるため、ソース・ドレイン間を流れるキャリアの方向に対して、これを妨げる方向にフィブリルが形成される可能性がある。従って、結果的にこれが膜中の欠陥となって能動層としての有機半導体膜の特性を十分に発揮することができない。

【0005】これに対し、特開平5-275695号公報には、能動層となるポリシラン薄膜をラングミュア・プロジェクト法(LB法)や、延伸法を用いて、ソース・ドレイン電極間に平行方向に配向させることにより素子特性を向上させる試みがなされている。しかし、有機半導体分子をソース・ドレイン間に平行方向に配向させる場合、ソース・ドレイン電流が流れやすくなる反面、リーク電流が増大するという問題点があった。また、有機分子を配向させ、薄膜化する手法として用いられているLB法や延伸法は、配向膜を基板上に転写する等の処理が必要となり、これらの方法は素子作成に応用することが困難であった。

【0006】また近年、有機半導体を構成するポリマーの側鎖に液晶性置換基を導入し、ポリマーの骨格鎖を任意の方向に配向させる試みが、K. Akagi, et. al (Advanced Materials '93: Trans. Mat. Res. Soc. Jpn., Vol 15A pp513-516)によって行われている。この方法は、側鎖に液晶性置換基が導入された有機半導体ポリマーを、配向処理した膜表面上に成膜、もしくは液晶層を示している状態で電界もしくは磁界を印加し成膜することにより、ポリマーの骨格鎖を任意の方向に配列させた有機半導体膜を得ることができるというものであり、かかる有機半導体膜を種々の技術分野に応用するために研究が進められている。

【0007】本発明は、このような課題を解決するためになされたものであり、能動層として用いる有機半導体膜中のポリマーの骨格鎖の方向を、簡便な方法により任意の方向に配列させることにより、キャリアの導電方向に対する有機半導体膜の状態を制御することができる高性能な薄膜トランジスタ及びその製造方法を提供することを目的とする。

【0008】

【課題を解決するための手段】本発明によれば、絶縁性基板上に、ゲート電極、ソース/ドレイン電極、チャネル層を構成する有機半導体膜及び前記ゲート電極とチャネル層とに挟まれたゲート絶縁膜が形成されてなり、前記有機半導体膜が、側鎖に液晶性置換基が導入されたポリマーにより構成され、かつ該ポリマーの骨格鎖が任意の方向へ配向している薄膜トランジスタが提供される。

【0009】また、本発明の別の観点によれば、(i) 絶縁性基板表面上にゲート電極を形成し、少なくとも該ゲート電極上にゲート絶縁膜を形成し、(ii) 該ゲート絶縁

膜上に、前記ゲート電極を挟むようにソース/ドレイン電極を形成し、(iii) 前記ゲート絶縁膜上であって前記ソース/ドレイン電極間に、側鎖に液晶性置換基が導入されたポリマーからなり、該ポリマーの骨格鎖が任意の方向へ配向した有機半導体膜を形成する薄膜トランジスタの製造方法が提供される。

【0010】さらに、(I) 絶縁性基板表面上に、側鎖に液晶性置換基が導入されたポリマーからなり、該ポリマーの骨格鎖が任意の方向へ配向した有機半導体膜を形成し、(II) 該有機半導体膜の両端に、該有機半導体膜に接続するソース/ドレイン電極を形成し、(III) 少なくとも前記半導体膜上にゲート絶縁膜を形成し、該ゲート絶縁膜上にゲート電極を形成する薄膜トランジスタの製造方法の製造方法が提供される。

【0011】

【発明の実施の形態】本発明は、側鎖に液晶性置換基が導入されたポリマーにより構成され、かつ該ポリマーの骨格鎖が任意の方向へ配向している有機半導体薄膜を電気光学素子に用いられる薄膜トランジスタの能動層に用いることにより、有機半導体膜の特性を高次構造的に改善し、十分に引き出すことが可能な高性能薄膜トランジスタを提供するものである。

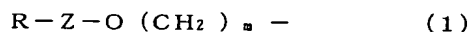
【0012】本発明の薄膜トランジスタは、絶縁性基板上に、ゲート電極、ソース/ドレイン電極、チャネル層を構成する有機半導体膜及び前記ゲート電極とチャネル層とに挟まれたゲート絶縁膜が形成されて構成される。絶縁性基板としては特に限定されるものではなく、例えばガラス、石英、プラスチック等の基板を用いることができる。薄膜トランジスタとしては、逆スタガ構造又は順スタガ構造のいずれの構造でもよい。

【0013】例えば、逆スタガ構造の薄膜トランジスタとしては、絶縁性基板上にゲート電極が形成され、このゲート電極上にゲート絶縁膜が形成され、さらにゲート絶縁膜上であってゲート電極の両端にソース/ドレイン電極が形成され、ゲート絶縁膜上であってソース/ドレイン電極間にチャネル層を構成する有機半導体膜が形成されて構成されている。また、順スタガ構造の薄膜トランジスタとしては、絶縁性基板上にチャネル層を構成する有機半導体膜が形成され、この有機半導体膜の両端にソース/ドレイン電極が接続され、さらに少なくとも有機半導体膜上にゲート絶縁膜が形成され、このゲート絶縁膜上であってソース/ドレイン電極間にゲート電極が形成されて構成されている。

【0014】ゲート電極としては、導電体膜であれば特に限定されるものではなく、例えばAl、Cu、Ti、ポリシリコン、シリサイド、有機導電体等により、例えば50~200nm程度の膜厚で形成することができる。ゲート絶縁膜としては、SiO₂、SiN等の無機絶縁膜、ポリイミド、ポリアクリロニトリル等の有機材料により、例えば50~100nm程度の膜厚で形成す

ることができる。

【0015】ソース・ドレイン電極としては、ITO (Indium Tin Oxide)、 SnO_2 等の透明導電材料、Au、Ag、Pt、Al等の金属材料等により、膜厚100～300nm程度に形成することができる。チャンネル層を構成する有機半導体膜を構成するポリマーとしては、チオフェンの3位(又は4位)に式(1)



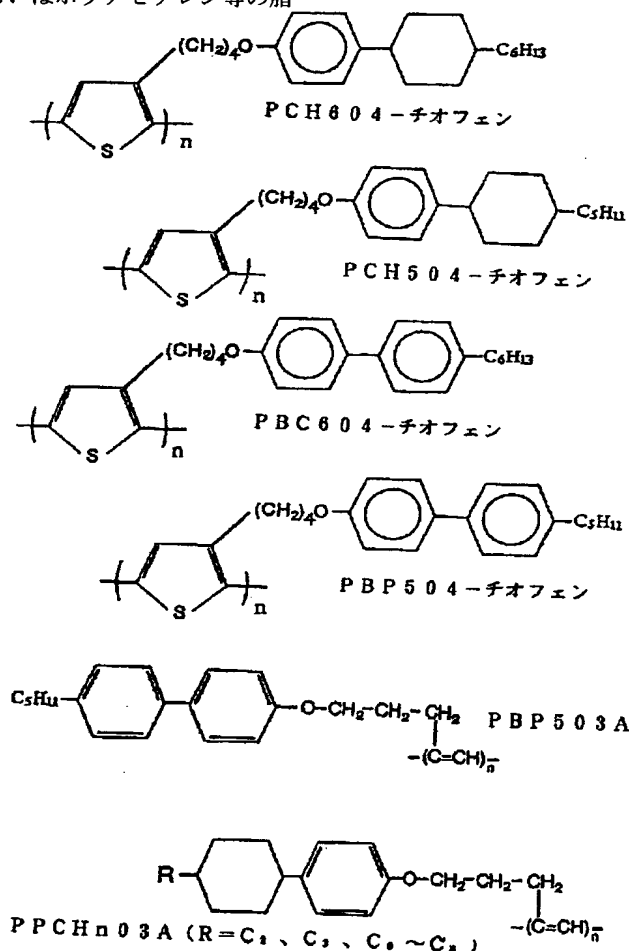
〔式中、Rはアルキル基、Zはフェニルシクロヘキシル(PCH)基又はビフェニル(BP)基、 $-\text{O}(\text{CH}_2)_m-$ はスペーサ、mは3又は4である〕で表される液晶性置換基が導入されたポリチオフェン誘導体、他の液晶基(ターフェニル系、ピリジン系)が導入されたポリチオフェン誘導体、あるいはポリアセチレン等の脂

肪族共役系、ポリアニリン等の含ヘテロ原子共役系、ポリピロール又はポリフラン等の複素環式共役系ポリマー等が挙げられる。なかでも、式(1)で表される液晶性置換基が導入されたポリチオフェン誘導体が好ましい。

【0016】式(1)のRにおけるアルキル基としては、炭素数3～8程度の直鎖又は分枝のアルキル基、例えば、プロピル、n-ブチル、iso-ブチル、sec-ブチル、tert-ブチル、ペンチル、ヘキシル、ヘプチル、オクチル基等が挙げられる。有機半導体膜を構成する化合物の具体例としては、以下の化合物が挙げられる。

【0017】

〔化1〕



【0018】なかでも、半導体特性を持つチオフェンの第3位にPCH系の液晶性置換基を導入したPCH604-チオフェン(K.Akagi, et. al Advanced Materials '93: Trans. Mat. Res. Soc. Jpn., Vol 15A pp513-516)やPCH504-チオフェン(R. Toyoshima et. al Synthetic Metals 69(1995) pp289-290)は、化学重合(触媒反応)により重合してポリマーとした場合、有機溶媒に可溶であり、かつ液晶

相を示すため好ましい。なお、チオフェンの第3位にPCH系の液晶性置換基を導入したチオフェン誘導体は、上述の文献に記載の方法でモノマーとして製造して用いることができる。

【0019】上記ポリマーとして、例えばPCH604-チオフェンの場合、分子量が10000～20000程度、PCH504-チオフェンの場合、分子量が10

000~20000程度、PBP503Aの場合、分子量が10000~60000程度、PPCH803A (n=8)の場合、分子量が10000~30000程度が好ましい。

【0020】上記の有機半導体膜におけるポリマーの骨格鎖は、任意の方向へ配向している。配向の方向は特に限定されるものではなく、意図する特性を発現させるように制御することができる。つまり、有機半導体膜のすべてにわたって任意の方向に配向させてもよいし、有機半導体膜において規則的、部分的、傾斜的に変化させながら配向させてもよい。

【0021】ポリマーの骨格鎖を任意の方向へ配向させる方法としては、①配向処理が施された配向膜の上に有機半導体膜を形成する方法、②有機半導体膜に電界印加する方法、③有機半導体膜に磁界印加する方法等が挙げられる。具体的には、①まず、配向処理が施された配向膜を形成する。配向膜としては、酸化ケイ素等の無機系配向膜又はナイロン、ポリビニルアルコール、ポリイミド等の有機系の配向膜が挙げられる。これらの配向膜は、斜め蒸着、回転蒸着により形成したり、高分子液晶、LB膜を用いて配向させたり、磁場による配向、スペーシング法による配向、ラビング法等により一定の方向に配向させられている。なお、この配向膜は、配向膜としての作用のみのために形成してもよいし、絶縁層、ゲート絶縁膜等の種々の作用をする膜と兼ねてもよいし、絶縁性基板表面を適用してもよい。このような配向膜の上に有機半導体膜を形成することにより、有機半導体膜を構成するポリマーの側鎖である液晶性置換基が、下地である配向膜の配向方向に対して並行に配向する。そして、有機半導体膜の膜厚が十分薄い場合には、ポリマーの骨格鎖が側鎖である液晶性置換基に対してある一定の方向に配列することとなり、よって、配向膜によりポリマーの側鎖の配向方向の制御を通してポリマーの骨格鎖を任意の方向に配向することができる。有機半導体膜は、側鎖に液晶性置換基が導入された有機材料を、有機溶媒に溶解し、配向膜表面にキャスト法、スピナー塗布法、浸漬塗布法、スクリーン印刷法、ロール塗布法などで塗布し、乾燥することによってポリマーとして形成することができる。この際の有機溶媒としては、選択する有機半導体によって適宜選択することができ、例えばクロロホルム、テトラヒドロフラン、ジエチルグリコール、ジエチルエーテル等を挙げることができる。また、用いる材料によっては、プラズマ重合法、電解重合法、LB法又は延伸法等によってもポリマーとして形成することができる。

【0022】また、②有機半導体膜を、絶縁層又は絶縁性基板上に、上述のように形成した後、基板温度を有機半導体膜を構成するポリマーの熔融温度、例えば100~150℃程度に加熱してポリマーを熔融させて液晶層を示させるとともに、この基板を、配向制御を行う任意

の方向に発生させた0.7~2 tesla程度の磁界の中に載置して、冷却することによりポリマーの骨格鎖を任意の方向へ配向させることができる。

【0023】さらに、③有機半導体膜を上述と同様に形成し、熔融させた後、配向制御を行う任意の方向に発生させた1~10MV/cm程度の電界の中に載置し、冷却することによってもポリマーの骨格鎖を任意の方向へ配向させることができる。また、本発明の製造方法の工程(i)において、絶縁性基板表面上にゲート電極を形成し、少なくとも該ゲート電極上にゲート絶縁膜を形成する。ゲート電極は、真空蒸着法、CVD法等、用いる材料により適当な方法を選択し、用いる絶縁性基板の耐熱温度を考慮して、プロセス温度を考慮して形成することが好ましい。ゲート絶縁膜は、CVD法、スピコート法等用いる材料により適当な方法を選択して形成することができる。

【0024】工程(ii)においては、ゲート絶縁膜上に、前記ゲート電極を挟むようにソース/ドレイン電極を形成する。ソース/ドレイン電極は、電子ビーム(EB)蒸着法、抵抗加熱蒸着法、スパッタ法等により用いる材料により、適当な方法を選択して形成することができる。ソース/ドレイン電極は、ゲート電極とはゲート絶縁膜等の絶縁膜により電気的に分離した状態で、かつ後工程で形成するチャンネル層を構成する有機半導体膜と、その端部を直接接続するように形成する。

【0025】さらに、工程(iii)において、ゲート絶縁膜上であって、ソース/ドレイン電極間に、有機半導体膜を形成する。この際の有機半導体膜の形成は上述した①~③のいずれの方法によっても形成することができる。なお、上記製造工程においては、ゲート電極、ゲート絶縁膜、ソース/ドレイン電極及び有機半導体膜等は、いずれも適当なフォトリソグラフィ及びエッチング工程により、所望の形状にパターニングすることができ、必要に応じて、ソース/ドレイン電極に接続した引出し電極や層間絶縁膜又は保護膜等を形成することができる。

【0026】また、本発明の製造方法の工程(I)においては、絶縁性基板表面上に、上述した①~③のいずれかの方法によって有機半導体膜を形成することができるが、②又は③の方法が好ましい。工程(II)及び工程(III)は、実質的に上述と同様の方法に行うことができる。なお、この製造方法の場合には、例えば任意に形成するソース/ドレイン電極に接続される引出し電極をゲート電極の形成と同時に、同様の材料により形成してもよい。

【0027】以下に本発明の具体的な実施の形態を説明する。

実施の形態1

図1(d)に本発明における逆スタグ構造を有する薄膜トランジスタを示す。この薄膜トランジスタは、絶縁性

基板6上に所望の形状のゲート電極3が形成されており、さらにゲート電極3上にゲート絶縁膜2を介してチャネル層を構成する有機半導体膜1が形成されている。また、絶縁性基板6と有機半導体膜1との間には、ソース電極4及びドレイン電極5が有機半導体膜1と直接接続するように形成されている。さらに、これらゲート電極3、ソース電極4、ドレイン電極5及び有機半導体膜1の上には保護膜7が積層されており、ソース電極4及びドレイン電極5に引出し電極8、9がそれぞれ接続されている。

【0028】以下に上記逆スタガ構造を有する薄膜トランジスタの製造方法を説明する。まず、図1(a)に示したように、樹脂基板からなる絶縁性基板6表面上に、基板温度を100℃に保持しながら、真空蒸着にてアルミニウム膜を膜厚300nmで成膜し、フォトリソグラフィ及びエッチングによりゲート電極3を形成した。この際、基板として樹脂基板を用いているためプロセス温度を樹脂基板の耐熱温度以下に保つ必要があることから、アルミニウム膜の成膜にはプロセス温度を低くすることが必要である。続いて、ゲート電極3上に、ポリイミドをスピンコート法により膜厚100nmで成膜してゲート絶縁膜2を形成した。

【0029】次に、図1(b)に示したように、ゲート絶縁膜2上に、導電体膜としてITO(Indium Tin Oxide)をEB蒸着法により基板温度100℃、膜厚300nmで成膜し、フォトリソグラフィ及びエッチングを行いソース電極4及びドレイン電極5を形成した。続いて、ソース電極4及びドレイン電極5間に存在するゲート絶縁膜2上に配向処理を行った。配向処理は、液晶ディスプレイにおいて基板間に注入される液晶材料を配向させる方法と同様に、ゲート絶縁膜2表面を無塵布で一方方向に擦ることにより行う。これにより、後工程で形成される有機半導体膜を構成するポリマーに導入された液晶性置換基を、ラビング方向に対して平行方向に配向させることができる。この際、ポリマーの骨格鎖は、作製される有機半導体膜の膜厚が薄いため、側鎖である液晶性置換基に対してある一定の方向に配列することとなる。従って、配向処理により液晶性置換基の配列方向を制御することを通して、有機半導体のポリマーの骨格鎖の配列方向を任意に制御することが可能となる。

【0030】さらに、図1(c)に示したように、ゲート絶縁膜2膜上にチャネル層となる有機半導体膜1を形成した。有機半導体膜1は、上述の(PCH504)ーチオフェンを触媒重合法により重合し、この重合体をクロロホルム溶媒に溶かし、液晶相を示させ、これをキャスト法により膜厚1μmでゲート絶縁膜2、ソース電極4及びドレイン電極5に塗布して形成した。次いで、この有機半導体膜を所望の形状にパターニングし、ソース電極4及びドレイン電極5上にわたって配向制御を行った有機半導体膜1を形成した。

【0031】次に、ソース電極4、ドレイン電極5及び有機半導体膜1を覆うようにポリイミドによる保護層7を膜厚1μmで形成した。さらに、ゲート電極3、ソース電極4及びドレイン電極5上の保護膜7に、フォトリソグラフィ及びエッチングによりコンタクトホールを形成した。続いて、このコンタクトホールを埋め込むように保護膜7上全面に、真空蒸着法によりA1膜を成膜し、パターニングを行なってゲート電極3に接続する引出し電極(図示せず)、ソース電極4及びドレイン電極5にそれぞれ接続する引出し電極8、9を形成した。

【0032】本実施例によって作製された薄膜トランジスタの移動度は、キャリア移動度 $\mu = 6 \times 10^{-5} \text{ cm}^2 / \text{V} \cdot \text{s}$ であった。これに対して、上記製造方法のうち配向処理を行わない以外は同様の方法により作製した薄膜トランジスタの場合には、 $\mu = 10^{-7} \text{ cm}^2 / \text{V} \cdot \text{s}$ であり、有機半導体膜の配向処理を行なった薄膜トランジスタでは素子特性の向上が確認された。

実施の態様2

図2(d)に本発明における順スタガ構造を有する薄膜トランジスタを示す。この薄膜トランジスタは、絶縁性基板6上に所望の形状の有機半導体膜11が形成されており、さらにこの有機半導体膜11の両端部に直接接続されたソース電極14及びドレイン電極15が形成されている。これら有機半導体膜11、ソース電極14及びドレイン電極15上には全面にゲート絶縁膜12が形成されており、このゲート絶縁膜12上であってソース電極14及びドレイン電極間にはゲート電極13が形成されている。また、ソース電極14及びドレイン電極15上に配設されたゲート絶縁膜12の一部に窓が形成されており、この窓を通してソース電極14及びドレイン電極15に接続された引出し電極18、19がそれぞれ形成されている。

【0033】以下に上記順スタガ構造を有する薄膜トランジスタの製造方法を説明する。まず、図2(a)に示したように、樹脂基板からなる絶縁性基板6表面上に、チャネル層となる有機半導体膜11を形成した。有機半導体膜11は、まず上述の(PCH504)ーチオフェンを触媒重合法により重合し、この重合体をテトラヒドロフラン(THF)に溶解し、これをキャスト法により膜厚1μmで成膜し、続いて、絶縁性基板6を110~130℃に加熱し、有機半導体膜11を熔融させ、液晶相を示させると共に配向制御を行なうために任意の方向に0.7 [tesla]程度の磁界を印加し、この磁界中に絶縁性基板6を設置して、冷却することにより有機半導体中に導入された液晶性分子骨格を任意の方向へ配向させ、さらに、有機半導体膜をフォトリソグラフィ及びエッチングによりパターニングすることにより形成した。

【0034】次いで、図2(b)に示したように、有機半導体膜11を含む絶縁性基板6上に、EB蒸着法によ

りITO膜を膜厚500nmで成膜し、フォトリソグラフィ及びエッチングにより、ソース電極14及びドレイン電極15を形成した。続いて、図2(c)に示したように、有機半導体膜11、ソース電極14及びドレイン電極15を含む絶縁性基板6上に、ゲート絶縁膜12としてポリイミド膜を膜厚100nmでスピンコート法により成膜した。さらに、ソース電極14及びドレイン電極15上のゲート絶縁膜12に、窓12aを形成した。

【0035】その後、図2(d)に示したように、窓12aを含むゲート絶縁膜12上全面に真空蒸着法によりAl膜を膜厚300nmで成膜し、フォトリソグラフィ及びエッチングによりゲート電極13及びソース電極14及びドレイン電極の引出し電極18、19をそれぞれ形成した。以上の工程によりチャネル層となる有機半導体膜を構成する分子を任意の方向へ配向させた順スタガ型の薄膜トランジスタを作製した。

【0036】本実施例によって作製された薄膜トランジスタの移動度は、キャリア移動度 $\mu = 1 \times 10^{-5} \text{ cm}^2 / \text{V} \cdot \text{s}$ であり、素子特性の向上が確認された。

実施の態様3

図2に示した順スタガ型の薄膜トランジスタの製造方法において、有機半導体膜11をキャスト法により成膜した後、基板を110～130℃に加熱し、有機半導体膜11に液晶相を発現させ、5MV/cm程度の電界を印加し、昇温により液晶相を示した(流動性が現れる)材料を配向させた後、冷却して配向状態を保ったまま、固化、再度膜化する以外は、実施の態様2と同様の方法により薄膜トランジスタを形成した。

【0037】本実施例によって作製された薄膜トランジスタの移動度は、キャリア移動度 $\mu = 1 \times 10^{-5} \text{ cm}^2 / \text{V} \cdot \text{s}$ であり、素子特性の向上が確認された。

【0038】

【発明の効果】本発明の薄膜トランジスタによれば、絶縁性基板上に、ゲート電極、ソース/ドレイン電極、チャネル層を構成する有機半導体膜及び前記ゲート電極とチャネル層とに挟まれたゲート絶縁膜が形成されてなり、前記有機半導体膜が、側鎖に液晶性置換基が導入されたポリマーにより構成され、かつ該ポリマーの骨格鎖が任意の方向へ配向している、つまり、ポリマーの骨格鎖は、必ずしも半導体素子のソース/ドレイン電極間の方向に平行ではなく、素子特性として良好な値が得られ

る任意の方向に配向している、有機半導体膜の特性を、構造的に向上させることが可能となり、高性能な薄膜トランジスタを得ることができる。

【0039】また、有機半導体膜におけるポリマーが、チオフェンの3位に特定の液晶性置換基が導入されたポリチオフェン誘導体である場合には、有機半導体として十分な液晶性を発現させることができる。さらに、本発明の薄膜トランジスタの製造方法によれば、通常の有機半導体材料と異なり、配向制御が容易な、側鎖に液晶性置換基が導入されたポリマーを用いることにより、有機半導体膜の配向制御を容易に行うことができる。

【0040】つまり、予めゲート絶縁膜等の絶縁膜又は配向膜の表面を配向処理した後、該ゲート絶縁膜等の上に有機半導体膜を形成する場合には、ポリマー中の液晶性置換基が、配向処理の方向に対して平行方向に容易に配向させることができる。この際、ポリマーの骨格鎖は、作製される有機半導体膜の膜厚が薄ければ、側鎖である液晶性置換基に対してある一定の方向に容易に配向させることができ、よって、配向処理により液晶性置換基の配列方向を制御することを通して、有機半導体のポリマーの骨格鎖の配列方向を任意に制御することが可能となる。

【0041】また、有機半導体膜を形成した後、該有機半導体膜へ電界を印加するか、磁界を印加する場合には、何ら特別な工程を経ることなく有機半導体膜を形成することができ、容易に電界又は磁界により有機半導体ポリマーの配向制御を行うことができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係る逆スタガ型薄膜トランジスタの製造工程を示す要部の概略断面図。

【図2】本発明に係る順スタガ型薄膜トランジスタの製造工程を示す要部の概略断面図。

【符号の説明】

- 1、11 有機半導体膜
- 2、12 ゲート絶縁膜
- 3、13 ゲート電極
- 4、14 ソース電極
- 5、15 ドレイン電極
- 6 絶縁性基板
- 7 保護膜
- 8、9、18、19 引出し電極

